

Helsinki 26.10.2004

ETUOIKEUSTODISTUS
PRIORITY DOCUMENT



Hakija
Applicant

Tellabs Oy
Espoo

Patenttihakemus nro
Patent application no

20031501

Tekemispäivä
Filing date

14.10.2003

Kansainvälinen luokka
International class

H04L

Keksinnön nimitys
Title of invention

"Menetelmä ja laitteisto ruuhkanhallinnan sekä siirtoyhteyskapasiteetin vuorottamisen ohjaamiseksi pakettikytkentäisessä tietoliikenteessä"

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä Patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä, patenttivaatimuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the description, claims, abstract and drawings originally filed with the Finnish Patent Office.

Marketta Tehikoski
Apulaistarkastaja

Maksu 50 €
Fee 50 EUR

Maksu perustuu kauppa- ja teollisuusministeriön antamaan asetukseen 1027/2001 Patentti- ja rekisterihallituksen maksullisista suoritteista muutoksineen.

The fee is based on the Decree with amendments of the Ministry of Trade and Industry No. 1027/2001 concerning the chargeable services of the National Board of Patents and Registration of Finland.

Osoite:	Arkadiankatu 6 A	Puhelin:	09 6939 500	Telefax:	09 6939 5328
	P.O.Box 1160	Telephone:	+ 358 9 6939 500	Telefax:	+ 358 9 6939 5328
	FIN-00101 Helsinki, FINLAND				

Menetelmä ja laitteisto ruuhkanhallinnan sekä siirtoyhteykskapasiteetin vuorottamisen ohjaamiseksi pakettikytkentäisessä tietoliikenteessä

5 Keksinnön kohteena on patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä ruuhkanhallinnan sekä siirtoyhteykskapasiteetin vuorottamisen ohjaamiseksi pakettikytkentäisessä tietoliikenteessä.

Keksinnön kohteena on myös patenttivaatimuksen 8 mukainen laitteisto ruuhkanhallinnan sekä siirtoyhteykskapasiteetin vuorottamisen ohjaamiseksi pakettikytkentäisessä tietoliikenteessä.

10

Tässä asiakirjassa käytetään niin tunnetun tekniikan kuin keksinnönkin kuvauksessa seuraavia lyhenteitä:

15	BE	Palvelunlaatuluokka sovelluksille, jotka pystyvät hyödyntämään hetkellisesti vapaana olevaa tiedonsiirtoverkon kapasiteettia mutta joille ei varata tiedonsiirtoverkon kapasiteettia (Best Effort),
	CoS	Palvelunlaatuluokka (Class of Service),
	DSCP	Paketin kantama tieto siitä, mihin palvelunlaatuluokkaan kyseinen paketti kuuluu (Differentiated Services Code Point),
20	FIFO	Aikaisemmin sisään, aikaisemmin ulos -jonokuri (First In First Out - discipline),
	aG+E	Palvelunlaatuluokka sovelluksille, jotka pystyvät hyödyntämään hetkellisesti vapaana olevaa tiedonsiirtoverkon kapasiteettia ja joille varataan tietty tiedonsiirtokapasiteetti (Guaranteed rate and Best Effort),
25	bG+E	Samanlainen palvelunlaatuluokka kuin aG+E, mutta laatuluokassa bG + E voidaan haluttaessa käyttää erisuuruista ylitilaussuhdetta kuin laatuluokassa aG + E,
	p	Palvelunlaatuluokan sisäistä aliryhmää (esim. drop precedence) ilmaiseva muuttuja,
30	OBR	Ylitilaussuhde (Overbooking ratio),
	QoS	Palvelunlaatu (Quality of Service),
	q	Palvelunlaatuluokkaa ilmaiseva muuttuja,

SFQ	Start-time Fair Queuing, eräs painokerroinperusteinen vuorotusmenetelmä [1],
SLA	Palvelunlaatusopimus (Service Level Agreement),
wfq	Painokerroinperusteinen vuorotusmenetelmä, käytetään yleisnimenä (weighted fair queuing),
WFQ	Weighted Fair Queuing, eräs painokerroinperusteinen vuorotusmenetelmä [1],
WRED	Painotusperusteinen ruuhkanrajoitusmenetelmä [3, 4] (Weighted Random Early Detection).

10

Pakettikytkentäisessä tietoliikennejärjestelmässä on usein edullista, että siirrettävät paketit luokitellaan kuuluviksi eri palvelunlaatiluokkiin (CoS) sen mukaan, millaisia tarpeita tietoliikennepalvelua käyttävillä sovelluksilla on, ja toisaalta sen mukaan, millaisia sopimuksia palvelun laadusta (SLA) tietoliikennepalveluntarjoaja on tehnyt asiakkaidensa (loppukäyttäjien) kanssa. Esimerkiksi tavallisen puhelinsovelluksen kohdalla on olennaista, että sovelluksen tarvitsema tiedonsiirtonopeus on käytettävissä tarvittavan ajan ja siirtoviive on riittävän pieni sekä siirtoviiveen vaihtelu riittävän vähäistä. Puhelinsovelluksessa ei ole hyötyä siitä, että sovellukselle tarjottavaa tiedonsiirtonopeutta voitaisiin hetkellisesti kasvattaa, mikäli tiedonsiirtoverkon kuormitus on kyseisenä ajankohtana vähäistä. Sen sijaan esimerkiksi ladattaessa www-sivua on erittäin edullista, jos voidaan hyödyntää verkon hetkellisestikin vapaana olevaa siirtokapasiteettia täysimääräisesti.

20

Usein on edullista käyttää joillakin palvelunlaatuluokilla ylitilausta. Tarkastellaan tiettyä palvelunlaatuluokkaa edustavaa sovellusta, jolle palvelunlaatusopimuksella (SLA) tilataan tietty siirtonopeus [bit/s]. Tiedonsiirtoverkon edellytetään tarjoavan kyseiselle sovellukselle tilattu siirtonopeus esimerkiksi 99.99% todennäköisyydellä. Tämän vaatimuksen täyttämiseksi tiedonsiirtolinkeistä ja muista verkkoelementeistä varataan tiedonsiirtokapasiteettia [bit/s] kyseistä palvelunlaatuluokkaa käyttäville sovelluksille.

Käytettäessä ylitilausta tietystä linkistä tai muusta verkkoelementistä, varattu tiedonsiirtokapasiteetti on pienempi kuin palvelunlaatusopimuksilla (SLA) kyseisestä verkon osasta tilattujen siirtonopeuksien summa. Ylitilaus luonnollisesti kasvattaa

25

30

palvelunlaatusopimuksen (SLA) loukkaamisen todennäköisyyttä. Käytännön tiedonsiirtoverkoissa on kuitenkin epätodennäköistä, että läheskään kaikki tiettyä palvelunlaatulokkaa käyttävät loppukäyttäjät pyrkisivät samanaikaisesti hyödyntämään palvelunlaatusopimuksensa määrittämää siirtonopeutta. Ylitilauks on palveluntarjoajan kannalta kannattavaa niin kauan, kuin ylitilauksen avulla lisääntyneet loppukäyttäjiltä saatavat suoritteet (myyty siis enemmän siirtokapasiteettia) ovat suuremmat kuin palvelunlaatusopimusloukkausten lisääntymisestä aiheutuneet kustannukset. Ylitilaussuhde (Overbooking Ratio, OBR) ilmaisee tietyllä liikenteelle tilattujen siirtonopeuksien summan suhdetta kyseiselle liikenteelle varattuun tiedonsiirtokapasiteettiin. Ylitilaussuhde voi olla verkkoelementtikohtainen.

Mikäli jossain palvelunlaatulokassa käytetään ylitilauks, se tulee järjestää siten, että tietyssä palvelunlaatulokassa käytetty ylitilauks ei heikennä palvelun laatua muissa palvelunlaatulokissa. Palvelun laatu voi heikentyä esimerkiksi lisääntyneen pakettihävikin muodossa, kasvaneiden siirtoviiveiden ja viiveiden vaihtelun muodossa tai siten, että sovelluksen kyky hyödyntää kunakin ajankohtana verkon vapaana olevaa siirtokapasiteettia heikkenee. Ylitilauksen aiheuttama riski palvelun laadun heikentymisestä tulee kohdistua vain siihen palvelunlaatulokkaan, jossa ylitilauks käytetään. Tässä asiakirjassa tällaiset ehdot täyttävää ylitilauks kutsutaan *hallituksi ylitilaukseksi*.

20

Tarkasteellaan seuraavassa tilannetta, jossa tietoliikennepalvelu tarjoaa seuraavanlaisia palvelunlaatulokkia:

- aG + E (Guaranteed rate and Best Effort): sovellukselle, jolle palvelunlaatusopimuksella (SLA) tilataan tietty (vähimmäis)siirtonopeus [bit/s] ja jolle tarjottavaa hetkellistä tiedonsiirtonopeutta kasvatetaan hyödyntäen kunakin ajankohtana vapaana olevaa tiedonsiirtojärjestelmän kapasiteettia. aG+E palvelunlaatulokkaa edustaville sovelluksille verkkoelementeistä varataan tiedonsiirtokapasiteettia [bit/s].
- bG + E: vastaava palvelunlaatulokka kuin aG + E, mutta palvelunlaatulokassa bG + E voidaan haluttaessa käyttää erisuuruista ylitilaussuhdetta (OBR_{bG+E}) kuin palvelunlaatulokassa aG + E (OBR_{aG+E}).

- BE (Best Effort): sovelluksille, joille ei verkkoelementeistä varata tiedonsiirtokapasiteettia eikä toisaalta palvelunlaatusopimuksilla (SLA) tilata (vähimmäis)siirtonopeutta mutta joille hyödynnetään kunakin ajankohtana vapaana olevaa tiedonsiirtojärjestelmän kapasiteettia.

Kuvio 1 esittää yhtä tunnetun tekniikan mukaista tapaa vuorottaa yhteisen siirtolinkin kapasiteettia yllämainittuja palvelunlaatulokkia (aG+E, bG+E tai BE) edustaville liikennevoille. Kuvion 1 esittämän järjestelmän toiminta on seuraava:

10

- Se, mihin palvelunlaatulokkaan q yksittäinen paketti kuuluu, on identifioitavissa pakettiin liitetyn tiedon perusteella (esimerkiksi DSCP = Differentiated Services Code Point [2]).
- Paketit ohjataan palvelunlaatulokkakohtaisiin FIFO jonoihin 3-5 (aG+E-, bG+E ja BE-jono).
- Jokainen aG+E tai bG+E palvelunlaatulokkaa edustava paketti kuuluu palvelunlaatulokan sisäiseen aliryhmään (p), jonka perusteella voidaan päätellä vähintään se, kuuluuko kyseinen paketti siihen osaan liikennettä, joka vastaa palvelunlaatusopimuksessa (SLA) tilattua vähimmäissiirtonopeutta (jatkossa tätä osuutta kutsutaan G-osuudeksi), vai kuuluuko paketti siihen osaan liikennettä, joka ylittää tilatun vähimmäissiirtonopeuden (jatkossa tätä osuutta kutsutaan E-osuudeksi). Tiettyyn aliryhmään p kuulumisen voidaan indikoida esimerkiksi DSCP:n kantaman etuoikeustiedon (drop precedence) avulla [2]. Aliryhmätietoa käytetään silloin, kun jonon ruuhkautuessa tulee päättää, mihin jonossa oleviin tai jonoon saapuviin paketteihin ruuhkanrajoitustoimenpiteet kohdistetaan. Esimerkkinä tästä on WRED menetelmä (Weighted Random Early Detection) [3, 4].
- Siirtolinkin kapasiteettia vuorotellaan aG+E- 3, bG+E- 4 ja BE-jonolle 5 painokerroinperusteisella vuorotusmenetelmällä (esimerkiksi SFQ [1]). Ruuhkatilanteessa siirtolinkin kapasiteetti jaetaan aG+E, bG+E, ja BE-

palvelunlaatuoluokille vastaavien painokerrointen määräämissä suhteissa ($W_{aG+E} : W_{bG+E} : W_{BE}$)

Kuviossa 1 esitetyssä vuorotusmenetelmässä painokertoimet W_{aG+E} , W_{bG+E} ja W_{BE} on valittava silmälläpitäen sitä, että palvelunlaatuoluokkia $aG+E$ ja $bG+E$ edustavat liikenteet saavat niille varatut osuudet siirtolinkin kapasiteetista. Ongelmana kuviossa 1 esitetyssä järjestelmässä on, ettei voida edellä kuvatus vaatimuksen täyttämisen lisäksi määrätä, millä painokertoimilla palvelunlaatuoluokkaa $aG+E$ ja $bG+E$ edustavien liikenteiden E-osuudet ja BE-liikenne kilpailevat siitä osasta siirtolinkin kapasiteettia, jota ei ole joko varattu joltain palvelunlaatuoluokkaa edustavan liikenteen käyttöön tai joka on varattu muttei ole kyseisellä hetkellä varaukseen oikeutetun liikenteen käytössä.

Kuvio 2 esittää viitteessä [5] (tämän hakemuksen tekohetkellä salainen) kuvatus tunnetun tekniikan mukaista menetelmää, jossa vuorotuspainon arvo riippuu sekä laatuoluokasta (q) että aliryhmästä (p). Tällöin voidaan erikseen määrätä, 1) mikä suhteellinen osuus siirtolinkin kapasiteetista annetaan kunkin palvelunlaatuoluokan sille liikenneosuudelle, joka vastaa tilattua vähimmäissiirtonopeutta ($aG+E:n$ ja $bG+E:n$ G-osuudet) ja 2) millä painokertoimella kunkin palvelunlaatuoluokan se liikenneosuus, joka ylittää tilatus vähimmäissiirtonopeuden ($aG+E:n$ ja $bG+E:n$ E-osuudet ja BE), kilpailee siitä osasta siirtolinkin kapasiteettia, joka ei ole tarkasteltavalla hetkellä jonkin palvelunlaatuoluokan tilattua vähimmäissiirtonopeutta edustavan liikenneosuuden ($aG+E:n$ ja $bG+E:n$ G-osuudet) käytössä.

Kuvion 2 mukaisessa järjestelmässä varauksiin oikeutetuille liikenneosuuksille ($aG+E:n$ ja $bG+E:n$ G-osuudet) tulee antaa toisaalta riittävän suuret vuorotuspainot suhteessa varauksiin oikeuttamattomien liikenneosuuksien (BE, $aG+E:n$ ja $bG+E:n$ E-osuudet) vuorotuspainoihin, jotta voidaan varmistua siitä, että varauksiin oikeutetut liikenneosuudet saavat ruuhkatilanteessakin niille varatut siirtokapasiteettiosuudet käyttöönsä. Toisaalta taas kyseisten vuorotuspainojen tulisi olla riittävän pienet, jotta varauksiin oikeutetuissa liikenneosuuksissa käytettävä ylitilaus heikentäisi ainoastaan sen palvelunlaatuoluokan suorituskyykyä, jossa ylitilausta käytetään. Ongelmana kuvion 2 mukaisessa järjestelmässä on, että mainitut vuorotuspainoja koskevat vaatimukset (varausten varmistaminen, vapaan

siirtokapasiteetin jakaminen halutuissa suhteissa ja hallittu ylitilaus) ovat keskenään ristiriidattomia vain poikkeustapauksissa.

5 Ongelmana kuvioissa 1 ja 2 kuvatuissa menetelmissä on lisäksi se, että tilanteessa, jossa esim. aG+E laatuluokan jono 3 on ruuhkautunut kyseisessä laatuluokassa käytettävän ylitilauksen vuoksi, ruuhkanrajoitusmekanismi (esim. WRED [3, 4]) ei kykene rajoittamaan jonon pituutta vastaavalla tavalla kuin sellaisessa tilanteessa, jossa ruuhkautuminen johtuu E-osuutta edustavan liikenteen tarjonnasta. Tämä johtuu siitä, että ruuhkanrajoitusmekanismi päättää aliryhmätiedon (esim. drop precedence) perusteella, 10 mihin paketteihin ruuhkanrajoitustoimet kohdistetaan jononpituuden ja/tai siitä johdetun suureen ylittäessä tietyn kynnsarvon. Mikäli aliryhmätieto ilmaisee paketin kuuluvan G-osuuteen, käytetään suurempaa kynnsarvoa, joka jonon pituuden tai sen johdannaisen on ylitettävä, ennen kuin ruuhkanrajoitustoimenpide kohdistetaan kyseiseen pakettiin, kuin tilanteessa, jossa tarkasteltava paketti kuuluu E-osuuteen. Ylitilausta käytettäessä jono voi 15 ruuhkaantua jo pelkän G-osuuden vaikutuksesta. Jonon pituuden kasvaminen suurentaa siirtoviivettä ja vaikeuttaa mm. TCP-protokollan vuonohjaus- ja valvontamekanismien [6] toimintaa.

Tämän keksinnön tarkoituksena on poistaa edellä kuvatun tekniikan puutteellisuudet ja 20 aikaansaada aivan uudentyyppinen menetelmä ja laitteisto siirtoyhteykskapasiteetin vuorottamiseksi pakettikytkentäisten tietoliikennevoiden kesken. Keksinnön kohteena on menetelmä, jolla voidaan toteuttaa vuorotin- ja ruuhkanhallintakoneisto siten, että saavutetaan seuraavat ominaisuudet:

- 25 1) Tiettyä palvelunlaatuluokkaa edustavalle liikenteelle voidaan varata tietty osuus siirtolinkin kapasiteetista, ja
- 2) voidaan määrätä, millä painokertoimilla kunkin palvelunlaatuluokan liikenteen se osuus, joka ylittää kyseiselle palvelunlaatuluokalle varatun osuuden siirtolinkin 30 kapasiteetista, kilpailee siitä osasta siirtolinkin kapasiteettia, jota ei ole joko varattu joltain palvelunlaatuluokkaa edustavan liikenteen käyttöön tai joka on varattu muttei ole kyseisellä hetkellä varaukseen oikeutetun liikenteen käytössä, ja

3) voidaan käyttää ylitilausta siten, että ylitilauksesta johtuva palvelun laadun heikkeneminen kohdistuu vain siihen palvelunlaatuluokkaan, jossa ylitilausta käytetään (hallittu ylitilaus), ja

5

4) voidaan estää liikennevuonohjauksen (esim. TCP protokolla [6]) kannalta haitallinen jononpituuden kasvu myös ylitilauksesta johtuvassa ruuhkatilanteessa.

10 Keksintö perustuu siihen, että mitataan vuorotettavaksi tulevaa liikennevuota, jonka muodostavat tiettyä palvelunlaatuluokkaa edustavat jonoon saapuvat paketit tai osakkeista, ja ohjataan vuorotin- (esim SFQ [1]) ja ruuhkanrajoitusmekanismin (esim. WRED [3, 4]) toimintaa mittaustuloksien perusteella.

15 Keksinnön mukaisen menetelmän käyttäminen pelkästään vuorotinmekanismin ohjaukseen ei estä perinteisen aliryhmätietoon (esim. drop precedence) perustuvaa ruuhkanrajoitusmenetelmän käyttöä. Keksinnön mukaisen menetelmän käyttäminen pelkästään ruuhkanrajoitusmekanismin ohjaukseen ei estä tunnetun tekniikan mukaisten vuorotusmenetelmien käyttöä.

20 Mittaustulos voi olla yksi luku, jonka arvo ilmaisee ohjauksessa hyödynnettävää tietoa, tai monta lukua (vektori), joiden arvot ilmaisevat hyödynnettäviä tietoja. Jatkossa mittaustulosta käsitellään yleisyyden vuoksi usean osatuloksen muodostamana vektorina.

25 Keksinnön mukaiselle menetelmälle on tunnusomaista se, mikä on esitetty patenttivaatimuksen 1 tunnusmerkkiosassa.

Keksinnön mukaiselle laitteistolle puolestaan on tunnusomaista se, mikä on esitetty patenttivaatimuksen 8 tunnusmerkkiosassa.

30 Keksinnöllä saavutetaan tunnetun tekniikan mukaisiin ratkaisuihin verrattuna se etu, että voidaan toteuttaa vuorotin- ja ruuhkanrajoituskoneisto siten, että ylitilauksesta johtuva palvelun laadun heikkeneminen kohdistuu vain siihen palvelunlaatuluokkaan, jossa

ylitilausta käytetään, ja lisäksi voidaan estää liikennevuonohjauksen kannalta haitallinen jonon pituuden kasvu myös ylitalauksesta johtuvassa ruuhkatilanteessa.

5 Keksintöä ryhdytään seuraavassa lähemmin tarkastelemaan oheisten kuvioiden mukaisten esimerkkien avulla.

10 Kuvio 1 esittää lohkokaaaviona yhtä tunnetun tekniikan mukaista järjestelmää yhteisen siirtolinkin kapasiteetin vuorottamiseksi edellämainittuja palvelunlaatuluokkia (aG+E, bG+E, BE) edustaville liikennevoille.

Kuvio 2 esittää lohkokaaaviona toista tunnetun tekniikan mukaista järjestelmää yhteisen siirtolinkin kapasiteetin vuorottamiseksi edellämainittuja palvelunlaatuluokkia edustaville liikennevoille.

15 Kuvio 3 esittää lohkokaaaviona keksinnön mukaista järjestelmää yhteisen siirtolinkin kapasiteetin vuorottamiseksi edellämainittuja palvelunlaatuluokkia edustaville liikennevoille.

Keksinnön mukaisen menetelmän teoreettinen perusta käy ilmi seuraavasta tarkastelusta.

20 Painokerroinperusteisessa vuorotusmenetelmässä vuorottimen 1 sisään tulossa oleville paketeille muodostetaan järjestysindikaatio (esimerkiksi Start_tag SFQ menetelmässä [1]) siitä, milloin kyseinen paketti tulee eteenpäinsiirtovuoroon. Ensimmäisenä siirretään eteenpäin se paketti, jonka järjestysindikaatio on arvoltaan sellainen, joka ilmaisee aikaisinta eteenpäinsiirtohetkeä. Järjestysindikaation ei tarvitse olla sidoksissa reaaliaikaan, vaan riittää, että eri pakettien järjestysindikaatiot ovat mielekkäässä suhteessa toisiinsa nähden.

30 Järjestysindikaation muodostamisessa tietyistä palvelunlaatuluokkajonosta tulevalle paketille käytetään kyseistä palvelunlaatuluokkaa vastaavaa painokerrointa. Mikäli jonolla J1 on suurempi painokerroin kuin jonolla J2, niin jonon J1 peräkkäisten pakettien järjestysindikaatioiden sarja suhteessa jonon J2 vastaavaan muodostuu sellaiseksi, että jono

J1 saa suuremman osuuden vuorottimen 1 ulostulon kapasiteetista.

Prioriteettiperusteisessa vuorotusmenetelmässä vuorottimen sisään tulossa oleville paketeille annetaan prioriteetti-arvo. Pakettien prioriteetti-arvot määräävät, mikä paketti
5 seuraavaksi siirretään eteenpäin.

Keksinnön mukaisessa menetelmässä paketille annettava prioriteetti-arvo tai paketin järjestysindikaation muodostamisessa käytettävä painokerroin ei riipu ainoastaan paketin edustamasta palvelunlaatuluokasta (jota tässä asiakirjassa ilmennetään muuttujalla q) vaan
10 myös kyseisen palvelunlaatuluokan liikennevuohon tai kyseisen liikennevuon osaan kohdistetun mittauksen 3 antamista tuloksista (joita tässä asiakirjassa ilmennetään muuttujavektorilla x), kuvio 3.

Keksinnön mukaisessa menetelmässä mittaustulostieto/-tiedot voivat määrätä myös sen,
15 käytetäänkö tietyn paketin vuorotuspäätöksen tekoon painokerroin- vai prioriteettiperusteista vuorotusmenetelmää.

Ruuhkanhallinnassa käytetään hyväksi jonon pituutta tai siitä johdettua suuretta kuten esimerkiksi jonon pituuden alipäästösuodatettua arvoa. Mikäli jonon pituus ja/tai sen
20 johdannainen ylittää tietyn kynnsarvon, kohdistetaan ruuhkanrajoitustoimenpiteitä tiettyihin jonossa oleviin tai jonoon saapuviin paketteihin. Ruuhkarajoitustoimenpiteitä voivat olla pakettien pudottaminen (tuhoaminen) tai merkitseminen (ECN menetelmä [2]). Tietyn palvelunlaatuluokan sisällä niiden pakettien valinta, joihin ruuhkanrajoitustoimenpiteitä kohdistetaan, perustuu tunnettua tekniikkaa edustavissa
25 ruuhkanhallintamenetelmissä aliryhmätietoon (esim. drop precedence). Periaate on, että esim. aG+E luokan tapauksessa ruuhkanrajoitustoimenpiteitä kohdistetaan ensin niihin kyseistä palvelunlaatuluokkaa edustaviin paketteihin, jotka aliryhmätiedon perusteella kuuluvat E-osuuteen. Jollei jonon pituuden kasvu pysähdy pudottamalla (tai merkitsemällä) E-osuutta edustavia paketteja, aletaan pudottaa (merkitä) myös G-osuutta
30 edustavia paketteja. WRED menetelmässä tämä on toteutettu siten, että G-osuudelle määrätty jonon pituuden tai siitä johdetun suureen kynnsarvo on suurempi kuin E-osuudelle määrätty vastaava kynnsarvo.

Jollei käytetä ylitilausta, pelkkien E-osuutta edustavien pakettien pudottamisen (tai merkitsemisen) tulisi jo estää ruuhkautuminen, koska G-osuutta edustavalle liikenteelle on varattu tarvittava siirtokapasiteetti. Mikäli ylitilausta käytetään, jonon kasvu voi jatkua vielä siinäkin tilanteessa, että ruuhkanrajoitustoimenpiteet kohdistuvat jo kaikkiin E-osuutta edustaviin paketteihin. Tämä johtuu siitä, että käytettäessä ylitilausta (määritelmän mukaisesti) on mahdollista, että siirtolinkille pyrkii suurempi G-osuutta edustava liikennemäärä kuin mitä G-osuutta edustavalle liikenteelle on varattu siirtokapasiteettia. Tällöin jonon pituus rajoittuu G-osuudelle määrätyn kynnysarvon perusteella.

Viivekäyttäytymisen sekä vuonhallinnan (esim. TCP) kannalta on kuitenkin edullista, että jonon pituus pysyisi mahdollisimman pienenä. Tähän pyritään esim. WRED algoritmilla siten, että kynnysarvo, jonka jälkeen E-osuutta olevia paketteja aletaan pudottaa (tai merkitä), on matala. Toisaalta G-osuudella ei voida käyttää matalaa kynnysarvoa, jotta saavutettaisiin selkeä pudotus-/merkintähierarkia – ensin E-osuus ja vasta sitten kohdistetaan rajoitustoimia G-osuuteen. Näin ollen ylitilauksesta aiheutuneessa ruuhkatilanteessa esim. WRED algoritmin perustavoite pienenä pidettävästä jononpituudesta ei toteudu.

Keksinnön mukaisessa menetelmässä edellä esitetty jonon pituuteen liittyvä ongelma on ratkaistu käyttämällä ruuhkanhallinnassa aliryhmätiedon sijasta tai rinnalla mittaustuloksia x , kuvio 3.

Havainnollistetaan seuraavassa yhden keksinnön toteutusmuodon mukaisen vuorotin- ja ruuhkanhallintamenetelmän toimintaa $aG+E$ ja $bG+E$ luokkiin kuuluvien liikennevuiden osalta käyttäen SFQ vuorotusalgoritmia [1] ja WRED ruuhkanhallinta-algoritmia [3, 4]. Tässä keksinnön toteutusmuodossa pakettikohtainen painokerroin määräytyy mittaustuloksen perusteella seuraavasti:

Sille osuudelle $aG+E$ palvelunlaatu luokkaa edustavaa liikennevuota, jolle tarkasteltavan paketin kohdalla mitattu siirrettyjen bittien määrä on mielivaltaisella tarkasteluvälillä T menneisyydestä nykyhetkeen pienempi kuin $CIR \times T + CBS$, on pakettikohtainen painokerroin $W_{aG+E} = W_{Ga}$, yli menevälle osuudelle $W_{aG+E} = W_{Ea}$. Vastaavalla tavalla

palvelunlaatuluokassa $bG+E$ painokerroin $W_{bG+E} = W_{Gb}$ tai W_{Eb} . CIR on palvelunlaatuluokan G -osuudelle varattu käytettävissä oleva siirtokaista (committed information rate [bit/s]), joka ylitylausta käytettäessä on pienempi kuin suurin mahdollinen G -osuutta edustavan liikenteen määrä [bit/s]. CBS on suurin sallittu purskekoko (committed burst size [bit]). Tässä kuvattu mittaus voidaan toteuttaa esim. Token Bucket –
5 menetelmällä [7].

Kutsutaan jatkossa niiden $aG+E$ ($bG+E$) palvelunlaatuluokkaan kuuluvien pakettien muodostamaa liikenteen osuutta, joille pätee $W_{aG+E} = W_{Ga}$ ($W_{bG+E} = W_{Gb}$), g -osuudeksi ja
10 vastaavasti niiden pakettien muodostamaa liikenteen osuutta, joille pätee $W_{aG+E} = W_{Ea}$ ($W_{bG+E} = W_{Eb}$), e -osuudeksi.

$aG+E$ -luokan paketin i ja $bG+E$ -luokan paketin j järjestysindikaatiot ($S_{aG+E}(i)$ ja $S_{bG+E}(j)$) lasketaan seuraavasti:

15

$$S_{aG+E}(i) = \max \{ v, S_{aG+E}(i-1) + L(i-1) / W_{aG+E} \}, \quad (1)$$

$$S_{bG+E}(j) = \max \{ v, S_{bG+E}(j-1) + L(j-1) / W_{bG+E} \}, \quad (2)$$

missä $L(i-1)$, $L(j-1)$ on edellisen paketin koko (esimerkiksi bitteinä) ja v on kulloinkin
20 eteenpäin siirrettävänä olevan paketin järjestysindikaatio (virtuaaliaika). Järjestysindikaatio lasketaan silloin, kun paketti saapuu SFQ-koneiston laatuluokkakohtaiseen sisään tuloon, eikä sitä päivitetä myöhemmin vaikka v muuttuisi. Seuraavaksi eteenpäinsiirrettäväksi valitaan se paketti (i tai j), jonka järjestysindikaatio on pienempi.

25 Yksinkertaisella kokeilulla tai simulaatiolla voidaan todeta seuraavaa: jos tietyllä aikavälillä siirrettävät palvelunlaatuluokan $aG+E$ paketit kuuluvat $aG+E$:n g -osuuteen ja palvelunlaatuluokan $bG+E$ siirrettävät paketit kuuluvat $bG+E$:n e -osuuteen, niin tällöin kyseisellä aikavälillä siirrettyjen $aG+E$ ja $bG+E$ palvelunlaatuluokkien pakettien kantamien tavujen (tai bittien) määrän suhde on $W_{Ga} : W_{Eb}$. Tarkastelu käy havainnollisemmaksi, jos
30 kaikki paketit oletetaan samankokoisiksi. Tällöin voidaan puhua yksinkertaisesti paketeista sen sijaan että puhutaan biteistä tai tavuista edustaen paketteja. Valitsemalla painokertoimet W_{Ga} , W_{Ea} , W_{Gb} ja W_{Eb} sopivasti voidaan määrätä, montako palvelunlaatuluokan $aG+E$ g -

tai e-osuutta edustaavaa pakettia siirretään palvelunlaatuluokan bG+E g- tai e-osuutta edustavaa pakettia kohden.

Yksi tämän toteutusmuodon variaatio saadaan aikaan siten, että $W_{Ga} = W_{Gb}$, $W_{Ea} = W_{Eb}$ ja
 5 $W_{Ga} \gg W_{Ea}$ ($W_{Gb} \gg W_{Eb}$) esim. $W_{Ga} = 10000 \times W_{Ea}$. Tämä vastaa itse asiassa sitä, että g-osuuksiin kuuluvat paketit vuorotetaan käytännöllisesti katson prioriteettiperiaatteella siten, että palvelunlaatuluokkien aG+E ja bG+E g-osuuksilla on keskenään tasapuolisesti vuorotteleva prioriteetti. Tämä on mahdollista, koska g-osuudet ovat rajoitettuja siten, että niiden tarvitsema siirtokaista on käytettävissä.

10

Tässä esitettävässä keksinnön toteutusmuodossa palvelunlaatuluokan aG+E tai bG+E sisällä niiden pakettien valinta, joihin ruuhkanrajoitustoimenpiteitä kohdistetaan, perustuu aliryhmätiedon sijasta siihen, kuuluko tarkasteltava paketti g- vai e-osuuteen. Periaate on, että ruuhkanrajoitustoimenpiteitä kohdistetaan ensin e-osuutta edustaviin paketteihin. Jollei
 15 jonon pituuden kasvu pysähdy pudottamalla (tai merkitsemällä) e-osuutta edustavia paketteja, aletaan pudottaa (merkitä) myös g-osuutta edustavia paketteja. WRED menetelmässä tämä on toteutettu siten, että g-osuudelle määrätty kynnysarvo, joka jonon pituuden tai sen johdannaisen on ylitettävä, ennen kuin aletaan pudottaa (merkitä) g-osuuteen kuuluvia paketteja, on suurempi kuin e-osuudelle määrätty vastaava kynnysarvo.

20

Koska palvelunlaatuluokkien aG+E ja bG+E g-osuudet ovat rajoitettuja siten, että niiden tarvitsema siirtokaista on käytettävissä, pelkkien e-osuutta edustavien pakettien pudottaminen (tai merkitsemisen) jo estää ruuhkautumisen. Näin ollen jonon pituuden ruuhkatilanteessa määrää e-osuudelle asetettu kynnysarvo, joka voidaan valita pieneksi.

25

Yksi tämän toteutusmuodon edullinen variaatio saadaan aikaan siten, että mittaustoiminto kohdistetaan vain G-osuuteen ja ne paketit, jotka eivät kuulu G-osuuteen, käsitellään e-osuudessa. Tällöin voidaan varmistua siitä, että mahdollisimman suuri osuus niistä
 30 paketeista, jotka kuuluvat siihen osaan liikennettä, joka vastaa palvelunlaatusopimuksissa luvattua siirtonopeutta (G-osuus), tulevat käsitellyksi g-osuudessa. Mittauksen kohdistaminen ainoastaan G-osuuteen voidaan toteuttaa aliryhmätiedon (p, esim. drop precedence) perusteella.

Viitteet:

- 5 [1] Pawan Goyal, Harri M. Vin, Haichen Cheng. *Start-time Fair Queuing: A scheduling Algorithm for Integrated Services Packet Switching Networks*. Technical Report TR-96-02, Department of Computer Sciences, University of Texas Austin.
- [2] Bruce Davie, Yakov Rekhter. *MPLS Technology and Applications*. Academic Press 2000 CA U.S.A. (www.academicpress.com)
- 10 [3] Sally Floyd, Van Jacobson. *Random Early Detection Gateways for Congestion Avoidance*. Lawrence Berkeley Laboratory 1993, University of California.
- [4] Internet osoiteesta: <http://www.juniper.net/techcenter/techpapers/200021-01.html>
15 löytyvä kuvaus WRED algoritmista.
- [5] Janne Väänänen. *Menetelmä ja Laitteisto Siirtoyhteyskapasiteetin Vuorottamiseksi Pakettikytkentäisten Tietoliikennevoiden Kesken*, Suomalainen patenttihakemus n:o 20021921, Helsinki Finland 2002.
- 20 [6] Douglas E. Comer. *Internetworking with TCP/IP, Third Edition*. Prentice Hall International Editions, U.S.A. 1995.
- [7] P. F. Chimento. *Standard Token Bucket Terminology*.
25 <http://qbone.internet2.edu/bb/Traffic.pdf> 2000.

Patenttivaatimukset:

1. Menetelmä ruuhkanhallinnan sekä siirtolinkkikapasiteetin vuorottamisen
5 ohjaamiseksi pakettikytkentäisessä tietoliikenteessä, jossa menetelmässä

- digitaalista tietoa siirretään vakio- tai vaihtuvanmittaisina paketteina,
- paketteihin liittyy tunnistetieto, jonka perusteella paketit jaetaan vähintään
10 kahteen eri palvelunlaatuluokkaan,
- palvelunlaatuluokkatiedon perusteella kukin paketti ohjataan yhteen
rinnakkaisista FIFO jonoista (3-5), joita on yksi jono kutakin
palvelunlaatuluokkaa kohden,
- samaan palvelunlaatuluokkaan kuuluvat paketit muodostavat vuon (flow),
jossa pakettien siirtojärjestys säilytetään,
- 15 - järjestelmästä uloslähtevän linkin tai linkkien käytettävissä olevaa
kapasiteettia vuorotetaan (1) palvelunlaatuluokakohtaisille FIFO jonoille
painokerroinperusteisella vuorotusmenetelmällä, prioriteettiperusteisella
vuorotusmenetelmällä tai näiden yhdistelmällä,
- palvelunlaatuluokakohtaisten FIFO jonojen ruuhkautumista rajoitetaan
20 pudottamalla tai merkitsemällä (ECN, Explicit Congestion Notification [2])
jonossa olevia tai jonoon saapuvia paketteja,

tunnettu siitä, että pakettikohtainen prioriteetti-arvo prioriteettiperusteisessa
vuorotuksessa ja/tai painokerroin painokerroinperusteisessa vuorotuksessa määräytyy
25 muuttujan q ja muuttujavektorin x yhteisvaikutuksesta ja että tietyn
palvelunlaatuluokan sisällä niiden pakettien valinta, joihin ruuhkatilanteessa pudotus
tai merkintä kohdistetaan, määräytyy muuttujavektorin x vaikutuksesta, missä
muuttuja q määräytyy palvelunlaatuluokasta (CoS), jota edustavaan liikenteeseen
kyseinen paketti kuuluu, ja muuttujavektori x koostuu tarkasteltavan
30 palvelunlaatuluokan liikennevuohon tai liikennevuon osuuteen kohdistetun
mittauksen (2) antamista tuloksista tai kyseisistä tuloksista johdetuista suureista.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että muuttujavektori x ilmaisee, onko siirrettyjen bittien määrä mielivaltaisella tarkasteluvälillä T menneisyydestä nykyhetkeen pienempi kuin $CIR \times T + CBS$, missä CIR on tarkasteltavan palvelunlaatuluokan käytettävissä oleva siirtokaista
5 (committed information rate [bit/s]) ja CBS on suurin sallittu purskekoko (committed burst size [bit]).
3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että ainakin yhdelle palvelunlaatuluokalle pätee, että siihen kuuluviin paketteihin liittyy
10 tunnistetieto, jonka avulla paketit jaetaan vähintään kahteen palvelunlaatuluokan sisäiseen aliryhmään (esim. drop precedence), ja kyseistä palvelunlaatuluokkaa edustavan liikennevuon se osuus, johon mittaus (2) kohdistetaan, määritetään kyseistä palvelunlaatuluokkaa edustavasta liikennevuosta aliryhmätiedon perusteella.
- 15 4. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että painokerroinperusteisena vuorotusmenetelmänä käytetään SFQ menetelmää (Start-time Fair Queuing [1]).
5. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että
20 painokerroinperusteisena vuorotusmenetelmänä käytetään WFQ menetelmää (Weighted Fair Queuing [1]).
6. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että muuttujavektorilla x ohjattavana ruuhkanrajotusmenetelmänä käytetään WRED
25 menetelmää (Weighted Random Early Detection [3, 4]).
7. Patenttivaatimusten 1 ja 2 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että muuttujavektorin x sisältämä informaatio muodostetaan Token Bucket –menetelmällä
30 [7].
8. Laitteisto ruuhkanhallinnan sekä siirtolinkkikapasiteetin vuorottamisen ohjaamiseksi pakettikytkentäisessä tietoliikenteessä, jossa laitteisto käsittää

- välineet digitaalista tietoa kantavien vakio- tai vaihtuvanmittaisten pakettien vastaanottamiseksi,
- välineet paketteihin liittyvän tunnistetiedon lukemiseksi, jonka perusteella
- 5 paketit voidaan jakaa vähintään kahteen eri palvelunlaatuluokkaan,
- välineet pakettien jakamiseksi vähintään kahteen eri palvelunlaatuluokkaan,
- FIFO jonon kutakin palvelunlaatuluokkaan kohden,
- välineet paketin ohjaamiseksi palvelunlaatuluokkatiedon perusteella kyseistä
- 10 palvelunlaatuluokkaa vastaavaan FIFO jonoon (3-5),
- vuorottimen (1) järjestelmästä uloslähtevän linkin tai linkkien käytettävissä
- olevan kapasiteettin vuorottamiseksi palvelunlaatuluokakohtaisille FIFO
- jonoille painokerroinperusteisella vuorotusmenetelmällä,
- prioriteettiperusteisella vuorotusmenetelmällä tai näiden yhdistelmällä,
- välineet pakettien lähettämiseksi uloslähtevälle linkille tai linkeille
- 15 vuorottimen määräämässä lähetysjärjestyksessä,
- välineet palvelunlaatuluokakohtaisten FIFO jonojen (3-5) ruuhkautumisen
- rajoittamiseksi pudottamalla tai merkitsemällä (ECN, Explicit Congestion
- Notification [2]) jonossa olevia tai jonoon saapuvia paketteja,

- 20 **tunnettu** siitä, että laitteisto käsittää välineet, joiden avulla pakettikohtainen
- prioriteettiarvo prioriteettiperusteisessa vuorotuksessa ja/tai painokerroin
- painokerroinperusteisessa vuorotuksessa voidaan määrittää perustuen muuttujan q ja
- muuttujavektorin x yhteisvaikutukseen ja joiden välineiden avulla
- 25 palvelunlaatuluokan sisällä niiden pakettien valinta, joihin ruuhkatilanteessa pudotus
- tai merkintä kohdistetaan, voidaan määrittää muuttujavektorin x vaikutuksesta, missä
- muuttuja q määräytyy palvelunlaatuluokasta (CoS), jota edustavaan liikenteeseen
- kyseinen paketti kuuluu, ja muuttujavektori x koostuu tarkasteltavan
- palvelunlaatuluokan liikennevuohon tai liikennevuon osuuteen kohdistetun
- mittauksen (2) antamista tuloksista tai kyseisistä tuloksista johdetuista suureista.

- 30 9. Patenttivaatimuksen 8 mukainen laitteisto on *tunnettu siitä*, että laitteisto
- käsittää välineet, joiden avulla voidaan muodostaa muuttujavektori x , joka ilmaisee,

onko siirrettyjen bittien määrä mielivaltaisella tarkasteluvälillä T menneisyydestä nykyhetkeen pienempi kuin $CIR \times T + CBS$, missä CIR on tarkasteltavan palvelunlaatuluokan käytettävissä oleva siirtokaista (committed information rate [bit/s]) ja CBS on suurin sallittu purskekoko (committed burst size [bit]).

5

10. Patenttivaatimuksen 8 mukainen laitteisto, tunnettu siitä, että laitteisto käsittää välineet pakettiin liittyvän tunnistetiedon lukemiseksi, jonka perusteella voidaan selvittää palvelunlaatuluokan sisäinen aliryhmä, johon kyseinen paketti kuuluu, ja välineet, joiden avulla voidaan määrittää aliryhmätiedon perusteella kyseistä palvelunlaatuluokkaa edustavan liikennevuon se osuus, johon mittaus (2) kohdistetaan.

11. Patenttivaatimuksen 8 mukainen laitteisto, tunnettu siitä, että laitteisto käsittää välineet painokerroinperusteisen vuorotuksen suorittamiseksi SFQ menetelmällä (Start-time Fair Queuing [1]).

15

12. Patenttivaatimuksen 8 mukainen laitteisto, tunnettu siitä, että laitteisto käsittää välineet painokerroinperusteisen vuorotuksen suorittamiseksi WFQ menetelmällä (Weighted Fair Queuing [1]).

20

13. Patenttivaatimuksen 8 mukainen laitteisto, tunnettu siitä, että laitteisto käsittää välineet, joiden avulla muuttujavektorilla x ohjattava ruuhkanrajoittaminen voidaan suorittaa WRED menetelmällä (Weighted Random Early Detection [3, 4]).

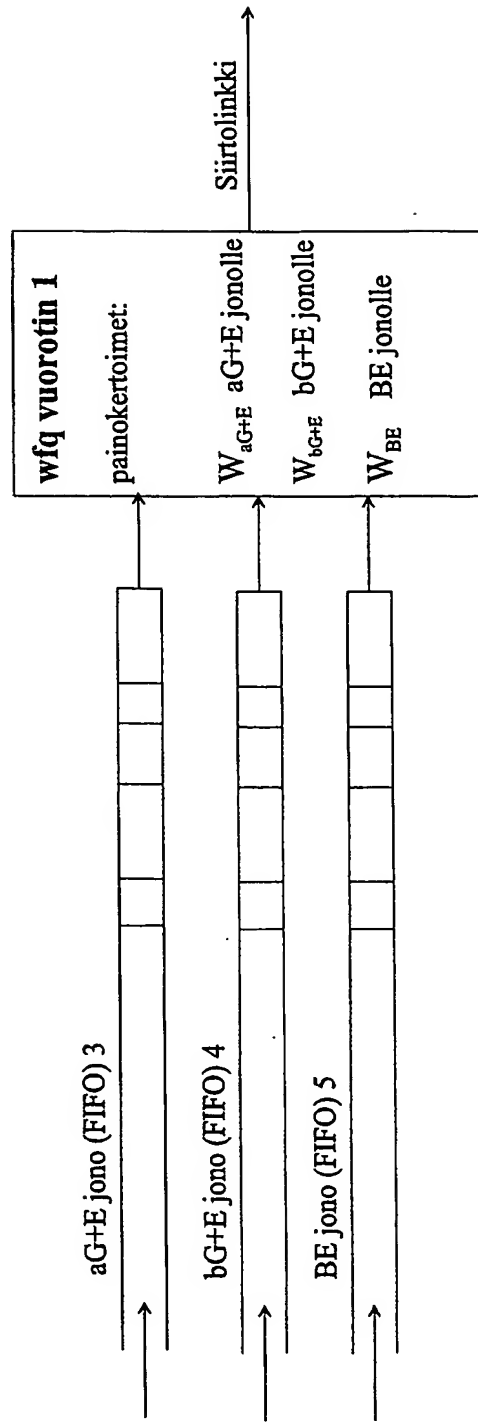
25 14. Patenttivaatimusten 8 ja 9 mukainen laitteisto, tunnettu siitä, että laitteisto käsittää välineet muuttujavektorin x sisältämän informaation muodostamiseksi Token Bucket -menetelmällä [7].

30

Tiivistelmä:

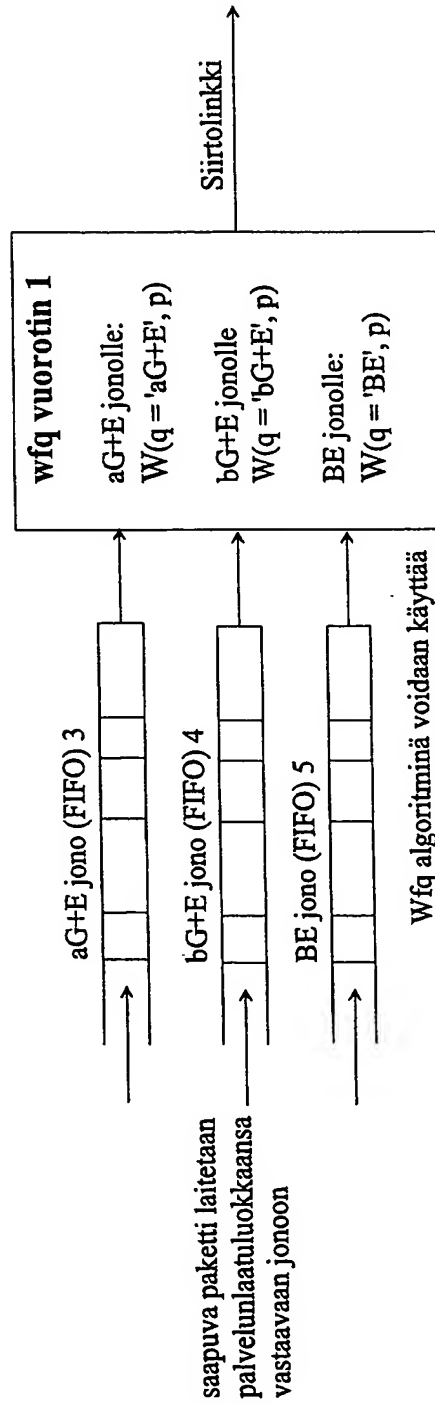
- 5 Keksinnön kohteena on menetelmä ja laitteisto ruuhkanhallinnan sekä siirtolinkkikapasiteetin vuorottamisen ohjaamiseksi pakettikytkentäisessä tietoliikenteessä siten, että
- 10 1) voidaan määrätä, mikä osuus siirtolinkin kapasiteetista varataan tiettyä palvelunlaatuluokkaa edustavalle liikenteelle, ja 2) voidaan määrätä, millä painokertoimella kunkin palvelunlaatuluokan varauksen ylittävä liikenteen osuus kilpailee siitä osasta siirtolinkin kapasiteettia, jota ei ole varattu tai joka on varattu muttei ole hetkellisesti varaukseen oikeutetun liikenteen käytössä ja 3) voidaan käyttää ylitilausta
- 15 siten, että ylitilauksesta johtuva palvelunlaadun heikkeneminen kohdistuu vain siihen palvelunlaatuluokkaan, jossa ylitilausta käytetään ja 4) voidaan estää liikennevuonohjauksen kannalta haitallinen viiveiden kasvu myös ylitilauksesta johtuvassa ruuhkatilanteessa. Keksintö
- 20 perustuu siihen, että mitataan vuorotettavaksi tulevaa liikennevuota, jonka muodostavat tiettyä palvelunlaatuluokkaa edustavat jonoon saapuvat paketit tai osa kyseisistä paketeista, ja ohjataan vuorotin- ja ruuhkanrajoitusmekanismin toimintaa mittaustuloksien
- 25 perusteella.

(Kuvio 3)



Wfq algoritminä voidaan käyttää esimerkiksi lähteessä [1] esitettyä SFQ menetelmää (Start-time Fair Queuing).

Kuvio 1



Wfq algoritminä voidaan käyttää esimerkiksi lähteessä [1] esitettyä SFQ menetelmää

(Start-time Fair Queuing)

Painokerroin määräytyy muuttujien

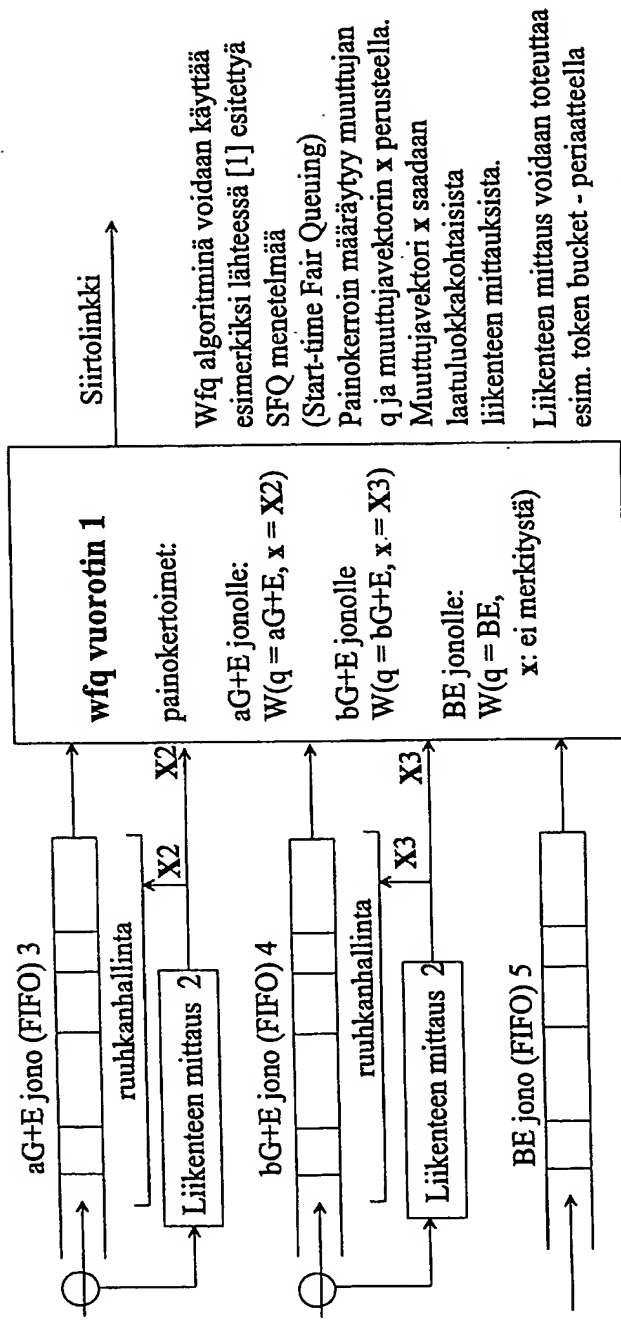
q ja p perusteella, missä q riippuu palvelun-

laatuluokasta (aG+E, bG+E, BE) ja

p puolestaan pakettien jakautumisesta eri aliryhmiin.

Kuvio 2

saapuva paketti laitetaan palvelunlaatuoluokkaansa vastaavaan jonoon



Kuvio 3

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/FI04/000610

International filing date: 13 October 2004 (13.10.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: FI
Number: 20031501
Filing date: 14 October 2003 (14.10.2003)

Date of receipt at the International Bureau: 11 November 2004 (11.11.2004)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse